



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenz ichen: P 37 09 989.2  
②2 Anmeldetag: 26. 3. 87  
④3 Offenlegungstag: 6. 10. 88

Behördeneigentum

DE 37 09 989 A 1

⑦1 Anmelder:

Ceag Licht- und Stromversorgungstechnik GmbH,  
4770 Soest, DE

⑦2 Erfinder:

Lüttich, Rolf, Dipl.-Ing., 6936 Schwanheim, DE

⑤4 Tiefsetzsteller für Schaltnetzteile

Um gefährliche Störspannungsspitzen beim schnellen Sperren und Durchschalten (reverse-recovery-time) der Freilaufdiode ( $D_0$ ) eines Schaltnetzteils zu vermeiden, ist ein zusätzliches Entlastungsnetzwerk aus Drossel ( $L_1$ ), Kondensator ( $C_1$ ) und Diode ( $D_1$ ) vor den üblichen Durchflußwandler ( $L_0$ ,  $D_0$ ,  $C_0$ ,  $R_A$ ) geschaltet. Für das erforderliche Aufladen des Kondensators ( $C_1$ ) in den Grundzustand ist noch ein zusätzlicher Zweig aus Drossel ( $L_2$ ) und Diode ( $D_2$ ) erforderlich. Durch die Bauteile ( $D_1$ ,  $C_1$ ,  $L_1$ ) wird die Freilaufdiode ( $D_0$ ) langsam leitend geschaltet und durch die Drossel ( $L_1$ ) definiert verzögert in den Sperrzustand gebracht.

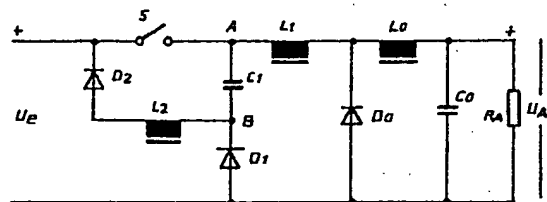


Fig. 2

DE 37 09 989 A 1

soft diode turn off

## Patentanspruch

Tiefsetzsteller für Schaltnetzteile, die nach dem Durchflußwandlerprinzip arbeiten und mit einem steuerbaren Schalter, einer Speicherdrossel, einer Freilaufdiode, einem Kondensator und einem Lastwiderstand ausgerüstet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Reihenschaltung von Schalter ( $S$ ) und Speicherdrossel ( $L_0$ ) eine Zusatzdrossel ( $L_1$ ) eingeschaltet ist, daß zwischen den Schalter ( $S$ ) und die Zusatzdrossel ( $L_1$ ) eine Reihenschaltung aus Kondensator ( $C_1$ ) und Diode ( $D_1$ ) derart nach Minus-Potential gelegt ist, daß bei geschlossenem Schalter ( $S$ ) und positiv geladenem Kondensator ( $C_1$ ) die Diode ( $D_1$ ) gesperrt ist, bei geöffnetem Schalter ( $S$ ) die Diode ( $D_1$ ) über die Zusatzdrossel ( $L_1$ ) und den Kondensator ( $C_1$ ) leitend wird und bei abnehmender Kapazität des Kondensators ( $C_1$ ) über die Zusatzdrossel ( $L_1$ ) die Freilaufdiode ( $D_0$ ) definiert leitend steuert, so daß sie jetzt den Laststrom übernimmt, und bei wiederum geschlossenem Schalter ( $S$ ) durch die Stromänderungsgeschwindigkeit in der Zusatzdrossel ( $L_1$ ) ein verzögertes Sperren der Freilaufdiode ( $D_0$ ) einsetzt, und daß zwischen den Kondensator ( $C_1$ ) und die Diode ( $D_1$ ) eine Reihenschaltung einer Drossel ( $L_2$ ) und einer in Durchlaßrichtung geschalteten Diode ( $D_2$ ) an positive Eingangsspannung ( $U_e$ ) gelegt ist, so daß bei geschlossenem Schalter ( $S$ ) der Kondensator ( $C_1$ ) über die Bauteile ( $L_1$ ,  $D_2$ ) wieder aufladbar geschaltet ist.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Tiefsetzsteller für Schaltnetzteile, die nach dem Durchflußwandlerprinzip arbeiten und mit einem steuerbaren Schalter, einer Speicherdrossel, einer Freilaufdiode, einem Kondensator und einem Lastwiderstand ausgerüstet sind. Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Stromversorgungstechnik.

Zur Versorgung von Geräten mit stabilisierter und geregelter Spannung werden vielfach Schaltnetzteile eingesetzt. Hierbei wird zunächst die Netzwechselspannung in üblicher Weise gleichgerichtet und die Gleichspannung dann einem gesteuerten Schalter (Schaltregler) zugeführt. Schaltnetzteile verwenden als Stellglied einen Leistungsschalter, sie weisen eine hohe Arbeitsfrequenz auf, und der für die Netztrennung erforderliche Transformator arbeitet bei Frequenzen, die über 20 kHz liegen. Je nach Betriebsart werden Schaltnetzteile als Durchflußwandler, Sperrwandler oder Gegentaktwandler bezeichnet. Je nach Regelart spricht man bei Schaltnetzteilen von Hochsetz- oder Tiefsetzstellern. Bei Tiefsetzstellern ist beispielsweise die geregelte und verlustarme Ausgangsspannung tiefer als die Eingangsspannung.

Das Prinzip eines Schaltnetztes in Form eines Durchflußwandlers sei anhand der Fig. 1 noch einmal erläutert.

Durchflußwandler, bei denen bei geschlossenem Schalter Energie von der Quelle in die Speicherdrossel, in den Kondensator und in die Last fließt, sind allgemein bekannt ("Schaltnetzteile" von Wüsthube, VDE-Verlag 1979, Seite 31 bis 33).

Der positive Zweig der Gleichstromeingangsspannung  $U_e$  wird über die Reihenschaltung eines Schalters  $S$  und einer Speicherdrossel  $L_0$  auf die Ausgangsspan-

nung  $U_A$  geführt. Zwischen Schalter  $S$  und Drossel  $L_0$  ist eine Freilaufdiode  $D_0$  mit ihrer Kathode gelegt, während ihre Anode an den negativen Zweig (Minus-Potential) der Eingangsspannung  $U_e$  geführt ist. Nach der Drossel  $L_0$  ist noch ein Kondensator  $C_0$  und parallel dazu die Last  $R_A$  (Arbeitswiderstand) vom Plus-Potential nach Minus-Potential geschaltet.

Ein Durchflußwandler entsteht im Grunde genommen aus der konventionellen Stromversorgung mit Serienregler, bei dem der Regler durch einen gesteuerten Schalter ersetzt wird. Daß dabei ergänzend eine Drossel zwischen Schalter und Verbraucher eingefügt ist, erklärt sich aus der nun nur zeitweise erfolgenden Stromlieferung. Man muß in den Stromflußzeiten einen Speicher (die Speicherdrossel  $L_0$ ) aufladen, um in den Pausen Strom für die Last entnehmen zu können.

Damit ist die Funktion des Durchflußwandlers wie folgt zu beschreiben: Bei geschlossenem Schalter  $S$  fließt Strom durch die Speicherdrossel  $L_0$  und die Last  $R_A$ . Dabei wird in  $L_0$  ein Magnetfeld aufgebaut. Bei geöffnetem Schalter  $S$  sorgt die im Magnetfeld der Drossel  $L_0$  gespeicherte Energie dafür, daß der von der Last  $R_A$  geforderte Strom sowohl vom Kondensator  $C_0$  als auch von der Drossel  $L_0$  geliefert wird; die Diode  $D_0$  (Freilaufdiode) wird dabei in Durchlaßrichtung beansprucht. Die Regelung der Ausgangsspannung  $U_A$  erfolgt dabei über das EIN/AUS-Verhältnis des Schalters  $S$ .

Der Schalter  $S$  (beispielsweise Transistor, MOS-FET, Thyristor) muß zu einem frei wählbaren Zeitpunkt ein- und ausgeschaltet werden. Das Verhältnis der Einschalt-dauer dieses Schalters zu der Gesamtdauer der Periode bestimmt das Spannungsübersetzungsverhältnis zwischen  $U_e$  und  $U_A$ .

Um die Abmessungen (und damit die Kosten) der Speicherdrossel möglichst klein zu bekommen, kann die Schaltfrequenz des Schalters  $S$  erhöht werden. Dabei machen sich aber physikalische Eigenschaften der Freilaufdiode  $D_0$  ungünstig bemerkbar. Die sogenannte Sperrverzögerungszeit (reverse-recovery-time, Rückwärtserholzeit, Sperrträchtigkeit) der Diode führt zu unerwünschten Verlusten und hohen Störspannungsspitzen. Dieser Vorgang, der beim Umschalten der Diode vom Durchlaßzustand in den Sperrzustand eintritt und bei dem die in der Diode gespeicherten restlichen Ladungen verschwinden müssen, ehe die Diode vollständig gesperrt wird, ist sehr hinderlich.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Entlastungsnetzwerk zu finden, das die Umschaltung der Freilaufdiode von dem Durchlaßzustand in den Sperrzustand sanfter und gleitender ermöglicht. Dabei soll eine Begrenzung der Stromanstiegsgeschwindigkeit in der Freilaufdiode zur Reduzierung der Rückstromspitze erfolgen.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 erzielt.

Vorteilhaft bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist der fließende Übergang der Diode von dem einen Zustand in den anderen. Dadurch wird die Diode nicht zusätzlich belastet, die ganze Anordnung arbeitet wesentlich verlustfreier, und Störstromspitzen können weitgehendst vermieden werden. Zusätzlich wird die Energie, die in dem erfindungsgemäßen Entlastungsnetzwerk eingespeichert wird, dem Gesamtkreis wieder zur Verfügung gestellt, so daß kein Energie verlorengeht und der Wirkungsgrad erhöht wird.

Weitere Vorteile der Erfindung sind aus der nachfolgenden Beschreibung ersichtlich.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Während

Fig. 1 ein übliches nach dem Durchflußwandlerprinzip arbeitendes Schaltnetzteil zeigt, ist in

Fig. 2 das erfindungsgemäße Entlastungsnetzwerk zusätzlich eingezeichnet.

Eine Anordnung gemäß der Fig. 2 ist aber auch als Stellglied zur Ansteuerung von Gleichstrommotoren einsetzbar.

In Fig. 2 ist zusätzlich zu den in Fig. 1 gezeigten Bauteilen Schalter  $S$ , Drossel  $L_0$ , Freilaufdiode  $D_0$ , Kondensator  $C_0$  und Belastungswiderstand  $R_A$  eine Zusatzdrossel  $L_1$  zwischen dem Schalter  $S$  und die Speicherdrossel  $L_0$  geschaltet. Zwischen dem Schalter  $S$  und der Zusatzdrossel befindet sich ein Verzweigungspunkt  $A$ , von dem die Reihenschaltung eines Zusatzkondensators  $C_1$  und einer Diode  $D_1$  nach Minus-Potential geführt ist. Zwischen dem Zusatzkondensator  $C_1$  und der Diode  $D_1$  befindet sich der Verzweigungspunkt  $B$ . Die Diode  $D_1$  ist mit ihrer Kathode an den Verzweigungspunkt  $B$  geschaltet. Von dem Verzweigungspunkt  $B$  ist die Reihenschaltung einer Drossel  $L_2$  und einer Diode  $D_2$  vor dem Schalter  $S$  gelegt, also an die positive Eingangsspannung  $U_e$ . Die Kathode der Diode  $D_2$  liegt dabei an der positiven Spannung  $U_a$ .

Diese Anordnung von Bauteilen arbeitet wie folgt: Im Ruhezustand ist der Schalter  $S$  geschlossen. Die Eingangsspannung  $U_e$  ist höher als die Ausgangsspannung  $U_a$ . Durch die Drossel  $L_1$  und die Drossel  $L_0$  fließt der Laststrom. Zur Erklärung wird angenommen, daß dieser Laststrom konstant ist. Die Freilaufdiode  $D_0$  und die Zusatzdiode  $D_1$  sind gesperrt. Der Kondensator  $C_1$  ist aufgeladen. Jetzt wird der Schalter  $S$  geöffnet und die Drosseln  $L_0$  und  $L_1$  versuchen, den Stromfluß über  $D_1$ ,  $C_1$  aufrecht zu erhalten. Damit wird der vorher positive Verzweigungspunkt  $A$  immer negativer und zieht auch den Verzweigungspunkt  $B$  mehr ins negative. Dies geht soweit, bis der Punkt  $B$  negativer ist, als das Minus-Potential (Anode von  $D_1$ ). Jetzt ist die Kathode der Diode  $D_1$  negativer als ihre Anode und die Diode  $D_1$  wird somit leitend. Der Stromfluß erfolgt jetzt über die Diode  $D_1$ , den Kondensator  $C_1$  und die beiden Drosseln  $L_1$ ,  $L_0$ . Der Kondensator  $C_1$  gibt somit seine Energie langsam an den Ausgang ab. Der Strom durch den Kondensator  $C_1$  fließt weiter und baut ein Potential auf (dreht seine Polarität um), so daß die Drossel  $L_1$  ihre Energie an den Kondensator  $C_1$  abgibt ( $C_1$  wird negativ aufgeladen). Die Drossel entlädt sich langsam und zieht die Kathode der Freilaufdiode  $D_0$  auch langsam ins negative. Wird die Kathode von  $D_0$  negativer als ihre Anode, schaltet die Diode  $D_0$  langsam durch und übernimmt den vollen Laststrom.

Beim Startvorgang (Schalter  $S$  von geschlossen auf geöffnet) übernehmen also zunächst Diode  $D_1$ , Kondensator  $C_1$  und Drossel  $L_1$  den Laststrom, während nach dem langsamen Zuschalten der Freilaufdiode  $D_0$  diese den vollen Strom übernimmt.

Beim erneuten Schließen des Schalters  $S$  überlagern sich zwei Vorgänge.

Zunächst fließt der Strom noch über die leitende Diode  $D_0$ . Durch den geschlossenen Schalter  $S$  wird der Punkt  $A$  schnell auf Plus-Potential gezogen. In der Drossel  $L_1$  baut sich entsprechend  $di/dt$  ein Strom auf. Dabei ist  $di/dt = \text{Spannung durch Induktivität } (U/L) = \text{Stromänderungsgeschwindigkeit}$ . Damit ergibt sich ein definiertes  $di/dt$  für die Diode  $D_0$ , d. h. durch die Dimensionierung der Drossel  $L_1$  ist die Stromänderungsgeschwindigkeit und damit die Sperrfähigkeit in

der Diode  $D_0$  zu verändern. So ergibt sich in vorteilhafter Weise ein kontrollierbares reverse-recovery-Verhalten der Freilaufdiode  $D_0$ .

Die Diode  $D_0$  geht langsam wieder in den Sperrzustand (nach  $di/dt$ ) und die Drosseln  $L_1$ ,  $L_0$  übernehmen den Laststrom.

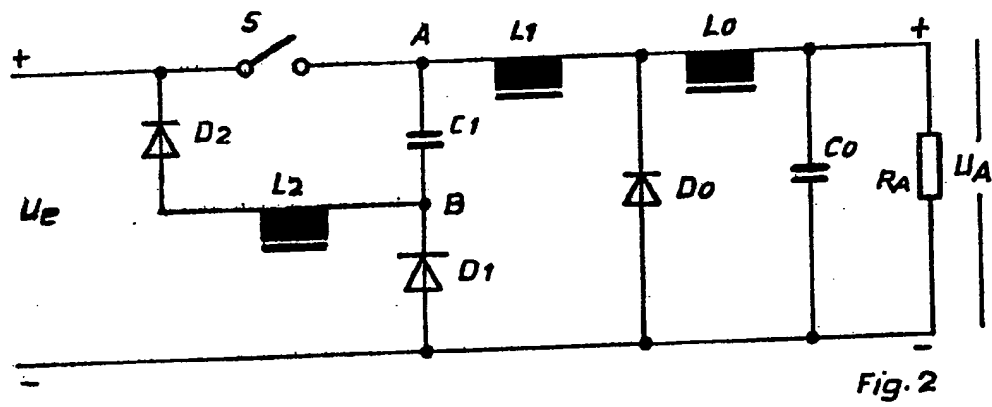
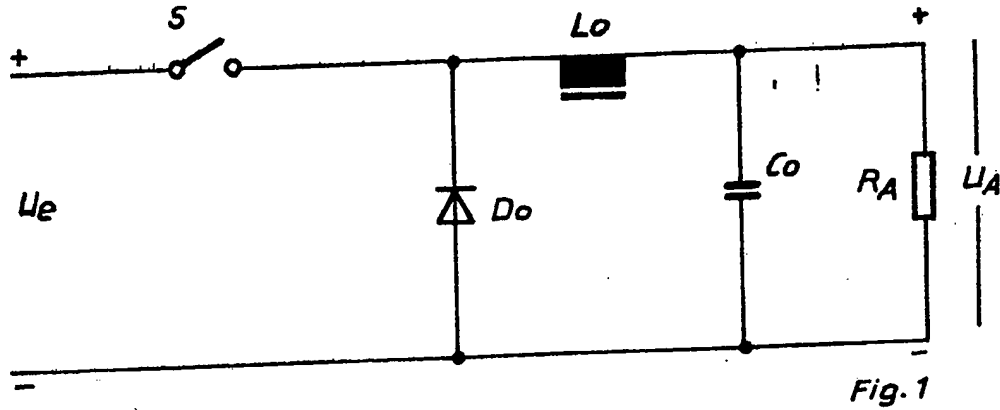
Die Freilaufdiode  $D_0$  wird also durch die Bauglieder Diode  $D_1$ , Kondensator  $C_1$ , Drossel  $L_1$  verzögernd leitend geschaltet und durch die Drossel  $L_1$  verzögernd in den Sperrzustand versetzt.

Bei geschlossenem Schalter  $S$  fließt auch ein Strom über den immer noch negativ geladenen Kondensator  $C_1$ , die Drossel  $L_2$  und die Diode  $D_2$ . Die Energie wird zunächst in der Drossel  $L_2$  eingespeichert und fließt, bedingt durch die jetzt leitende Diode  $D_2$ , mit umgekehrter Polarität auf den Kondensator  $C_1$  zurück. Der Kondensator  $C_1$  wird also wieder aufgeladen, d. h. seine Ladung wird umgekehrt. Der Kondensator  $C_1$  ist dann wieder derart aufgeladen, daß er später den Laststrom übernehmen kann, wenn der Schalter  $S$  — wie oben beschrieben — wieder geöffnet wird. Die zusätzlichen Bauteile  $L_2$  und  $D_2$  sind also nur dazu vorgesehen, um den Kondensator  $C_1$  wieder in den geladenen Zustand (bei geschlossenem Schalter  $S$  liegt Plus-Potential am Bezugspunkt  $A$ ) zu bringen, damit die Energie des Kondensators für den Ausgang nutzbar wird.

Nummer:  
 Int. Cl. 4:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

37 09 989  
 H 02 M 3/10  
 26. März 1987  
 6. Oktober 1988

3709989



DERWENT-ACC-NO: 1988-286723  
DERWENT-WEEK: 198841  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Switching circuit for power supply voltage reduction -  
has additional  
circuit in parallel with freewheel diode to give soft diode turn  
off

INVENTOR: LUTTICH, R

PATENT-ASSIGNEE: CEAG LICHT & STROMVERSORGUNGS[CEAD]

PRIORITY-DATA: 1987DE-3709989 (March 26, 1987)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
DE 3709989 A	October 6, 1988	N/A
N/A		004

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 3709989A	N/A	1987DE-3709989
March 26, 1987		

INT-CL\_(IPC): H02M003/10

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3709989A

BASIC-ABSTRACT: Added to the freewheel diode (Do) circuit, a  
choke (L1) between  
the on-off switch (S) and the cathode of the diode. A series  
connection of  
capacitor (C1) and auxiliary diode (D1) is connected in parallel  
with the choke  
(L1) and the freewheel diode (Do). A series circuit of a further  
diode and  
choke (D2,L2) is in parallel with the switch (S) and the  
capacitor (C1).

At high switching rates (the switch is typically a MOS-FET or  
similar device)  
the additional circuits (L1, C1, D1, L2, D2) control the rate of  
rise of  
reverse voltage across the freewheel diode during the turn off.  
This reduces  
the peak reverse current through the diode so reducing diode  
losses. During

the transition to the blocking state the load current flows in the additional choke (L1) and the oscillator choke (Lo). ADVANTAGE - Improves efficiency of converter and reduces stress on diode.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/2

TITLE-TERMS:

SWITCH CIRCUIT POWER SUPPLY VOLTAGE REDUCE ADD CIRCUIT PARALLEL  
FREEWHEEL DIODE  
SOFT DIODE TURN

DERWENT-CLASS: U24

EPI-CODES: U24-D02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1988-217572